

# CATALYST FOR FUEL CELL, ITS MANUFACTURING METHOD, AND ELECTRODE FOR FUEL CELL AND FUEL CELL USING IT

Publication number: JP2006012773

Publication date: 2006-01-12

Inventor: HARA YOSHINORI; ITAGAKI HIROAKI

Applicant: MITSUBISHI CHEM CORP

Classification:

- International: H01M4/90; H01M4/88; H01M4/96; H01M8/10;  
H01M4/88; H01M4/90; H01M4/96; H01M8/10;

- European:

Application number: JP20050059207 20050303

Priority number(s): JP20040104977 20040331; JP20040153490 20040524;  
JP20050059207 20050303

Report a data error here

## Abstract of JP2006012773

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an inexpensive catalyst for a fuel cell substitutable for a noble metal catalyst such as platinum and of exerting excellent catalyst action, and to provide an electrode for a fuel cell and a fuel cell using the catalyst for a fuel cell.

**SOLUTION:** This catalyst for a fuel cell contains tungsten carbide for which a half-value width of the maximum diffraction peak in a region having a diffraction angle  $2[\theta](+0.3[\text{deg.}])$  of  $40[\text{deg.}]-60[\text{deg.}]$  by an X-ray diffraction method (Cu-K $\alpha$  ray) is not less than  $0.80[\text{deg.}]$ . The catalyst for a fuel cell is formed by converting a compound selected from a group comprising tungsten boride, tungsten nitride, tungsten sulfide, tungsten phosphide and tungsten silicide into tungsten carbide. This electrode for a fuel cell contains the catalyst for a fuel cell. This fuel cell uses the electrode for a fuel cell.

COPYRIGHT: (C)2006,JPO&NCIP

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

# 微生物を利用した金属の微細加工

宇野義幸\* 金枝敏明\*\* 横溝精一\*\*\*

## 1. はじめに

1990年のある日、出張帰りの私は東京駅の近くの本屋で、帰りの新幹線の中で読む本を探していた。その時何気なく手にした本が「微生物に無限の可能性を求めて」という本<sup>(1)</sup>であった。この本は大変私の興味を引き、一気に読み終え一種の感動を覚えた。内容は、自然界には無数のバクテリアが存在すること、それらの働きについてはまだほとんど解明されていないこと、そのうちから有用なバクテリアを抽出してさまざまな方面で利用していること等であった。私は学部で「特殊加工学」という講義を担当しており、現在のさまざまな加工法は物理的エネルギーと化学的エネルギーを利用してゐることを教えており、生物的エネルギーを利用した加工法がないものかという問題意識をいつも持っていた。この本を読んだ時、もしかしたら金属を食べるバクテリアがいてそれをうまく利用すれば加工技術に使えるのではないかという考えを抱いた。これが、ここで述べる研究の始まりである。早速、大学へ戻ってそのようなバクテリアがないか調査を開始した。その結果、お馴染みのバクテリアがあり、しかも私のいる大学の農学部で培養されていることがわかった。ここでは、このバクテリアを使って低品位の鉱石から金属を効率的に抽出する研究(このような方面の研究をバクテリア・リーチングという)が行われていた<sup>(2)</sup>。この研究室からバクテリアをいただいて培養実験を始めたのは、1991年7月であった。

## 2. バイオマシニングとは?

バイオテクノロジーの最近の発展は著しく、我々の生活のあらゆる方面で活用が検討されており、一部は既に実用化されている。加工技術の分野でも、その活用を検討すべき時期にあると考えられる。

図1は、我々が提案している生物的加工法の概要を漫画風に書いたものである。加工法は一般に加工に伴う被加工物の体積の変化に応じて、除去加工、付着加工、変形加工に分け



(1) バイオマシニング (2) バイオティグレーション (3) バイオフォーミング

図1 生物的加工法の概要。

られるが、本稿ではそのうちの除去加工すなわち「バイオマシニング」について述べる。ここでは工具となるものは金属を「食べる」バクテリアであり、多数のバクテリアが、指定された位置で、指示された量の加工を行うというものである。もちろん、現在このようなことが完全実現できているわけではないが、将来的にはバクテリアが一種のマイクロロボットとして、マイクロマシニングを行うことも可能になると予想している。

## 3. 金属を「食べる」バクテリア

表1は、生物が個体を構成する炭素源をどのようにしているのか、また生命活動に必要なエネルギー源をどのように得ているのかを基準として生物を分類したものである。炭素源を他の有機物から得ているものは従属栄養生物と呼ばれ、動物や寄生生物、酵母や一般のバクテリアがこの範疇に含まれる。一方、空気中の二酸化炭素を固定して炭素源とするものは独立栄養生物と呼ばれる。このうち光をエネルギー源とするものは光独立栄養生物と呼ばれ、一般の緑色植物やクロレラ等が含まれる。さて、この表の一番下に示される化学独立栄養生物はエネルギー源を無機物の酸化によって得ているもので、非常に特殊な生物である。すなわち、この仲間は無機物だけで生きていくことができ、この範疇にはチオバチルス・フェロオキシダンス、チオバチルス・チオオキシダンス等が含まれる。これらは、金属を「食べる」バクテリアとして知られており<sup>(3)</sup>、バクテリア・リーチングに利用されている。これらのバクテリアは鉄や硫黄を酸化するときに発生するエネルギーを利用して、空気中の二酸化炭素を固定して生

\* 岡山大学教授；工学部機械工学科(〒700 岡山市津島中3-1-1)

\*\* 岡山理科大学教授；工学部機械工学科\*\*\* 岡山県工業技術センター専門研究員  
Micromachining of Metals Using Microorganism; Yoshiyuki Uno\*, Toshiaki Kaneeda\*\*, Seichi Yokomizo\*\*\* (\*Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Okayama University, Okayama. \*\*Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Okayama University of Science, Okayama. \*\*\*Industrial Technology Center of Okayama Prefecture, Okayama)  
Keywords: micromachining, microorganism, biomachining, bacteria, thiobacillus ferrooxidans, electric field  
1997年10月30日受理

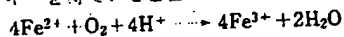
表1 炭素源、エネルギー源による生物の分類

		炭素源	エネルギー源
生物	従属栄養生物	化学従属栄養生物	有機物……………動物、寄生生物、多くの細菌等
		光従属栄養生物	有機物……………紅色硫黄細菌、緑色硫黄細菌
	独立栄養生物	光独立栄養生物	光……………植物、フクロリ、ラン等
		化学独立栄養生物	CO <sub>2</sub> ……………チオバチルス・フェロオキシダンス、 チオバチルス・チオオキシダンス等
			CO <sub>2</sub> ……………無機物……………



図2 チオバチルス・フェロオキシダンス

育している。たとえば、チオバチルス・フェロオキシダンスは以下のような形で、二価の鉄が三価の鉄になる時の反応によりエネルギーを得ていると言われている。



この反応においては1モルのFe<sup>2+</sup>あたり約33 kJのエネルギーが発生する<sup>(4)</sup>。

図2は、チオバチルス・フェロオキシダンスのSEM写真である。図に見られるように、このバクテリアは直径約0.5 μm、長さ約1 μmの短桿菌の仲間である。

#### 4. 金属の加工方法

金属の加工実験は、まず必要とするバクテリアの純粋培養が必要である。ここで用いたチオバチルス・フェロオキシダンスは成長速度が比較的遅く、約1週間かかって10<sup>14</sup>個/m<sup>3</sup>の一定値となる<sup>(5)</sup>。この培養液を用いて、図3に示すような方法で加工実験を行った。まず工作物表面に所定の加工形状のマスクをフォトリソグラフィ法で作成する。その後、工作物を培養液に入れ、これを所定の条件で振盪させた後レジスト膜を除去し、加工された工作物表面を触針式表面検査機で測定する。図4は、バイオマシニングによって純銅の表面に生成された腐のSEM写真および断面形状の測定例である。図より、工作物はほぼ一様な深さに加工されていることがわかる。

#### 5. 金属の加工例

図5は、純鉄、純銅、黄銅を被加工物として、加工実験を行った場合の加工量と加工時間の関係を示すものである。図中、黒丸はバクテリアを含まない培地のみの場合の加工量を示している。図より明らかなように、培地のみではpH 2.5という酸性溶液のなかでも化学的にエッチングされるのは極

めて微量であることを示している。これに対してチオバチルス・フェロオキシダンスを加えた培養液中では、腐の加工量はほぼ加工時間に比例して増加している。これはこのバクテリアがこれらの金属を加工する能力を有すること、すなわち「バイオマシニング」が可能であることを示している。しかも時間によって加工量をコントロールできることがわかる。それぞれの金属の平均加工速度は、純銅が最も大きく約5.6 nm/s(約20 μm/h)、ついで黄銅の場合は約5 nm/s、純鉄の場合は約3.9 nm/sである。

図6は、純銅を工作物としてフォトリソグラフィによって作成されたマスクを使って、文字の部分をバイオマシニングした場合の加工例を示す。この場合の線幅は約20 μmである。このようにしてマスクができれば、容易にしかも複数個を同時にバイオマシニングすることが可能である。

#### 6. 電界付加バイオマシニング<sup>(6)</sup>

バクテリアの中には、磁界や電界に反応するものがある。チオバチルス・フェロオキシダンスによるバイオマシニングを磁界中と電界中で行ったところ、電界の場合に効果があることが明らかとなった。

図7は、電界付加バイオマシニングの基礎実験装置の概要を示すものである。図に示すように、培養液中に2つの工作物を対抗させる位置におき一定の直流電圧を加える。工作物間のギャップは10 mmである。図8は、純銅の工作物に0.5 Vの電圧を加えた場合の加工量と加工時間の関係を示すものである。図中、□印は電位差を与えない場合の加工量を示す(36 ks(10 h)でb)。図より明らかなように、2つの工作物間に直流電圧を加えると、陽極側は電界がない場合の約2倍の加工量となり(36 ksで図中のc)、また陰極側はほとんど加工されなくなる。一方、バクテリアがない培地のみの状態で電圧を加えた場合は、電界研磨と同様の状態となり、36 ksで加工量は図中のaである。もし、これらの加工量の間に単純な加法法則が成立するのであれば、電圧を加えた場合のバイオマシニングによる加工量は36 ks経過後で(a+b)となると思われる。しかし、図より明かなように、

$$c > (a+b)$$

となっており、加工量の大幅な増大が認められる。これは、直流電圧を印加することによってバイオマシニングと電解加工の相乗効果が発揮されたことを意味している。これを我々は電界付加バイオマシニングと名付けている。このような実験結果を基にして、陰極側を工具電極とした図9のような電界付加バイオマシニング装置を製作し、加工実験を行った。本装置では、加工部分以外はレジストで覆い、工具電極の直径は3 mm、加工部の幅は1 mmとして加工部の全面がほぼ

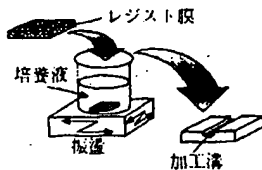


図3 加工実験の概要。

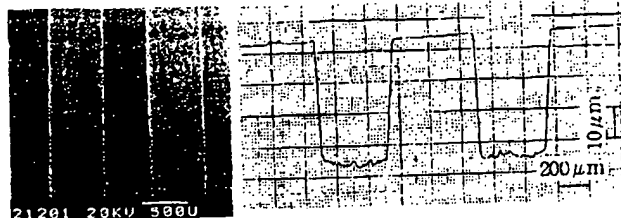


図4 バイオマシニングされた加工溝と測定例。

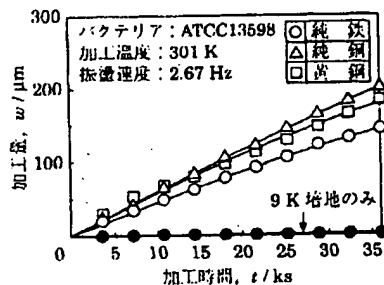


図5 各種金属のバイオマシニング結果。

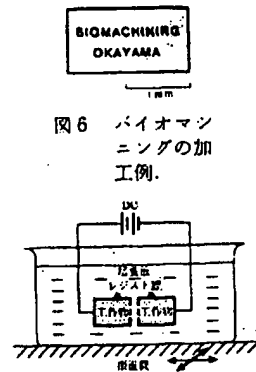


図6 バイオマシニングの加工例。

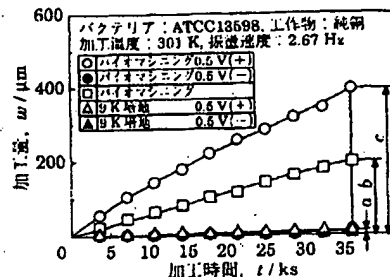


図8 純銅の電界付加バイオマシニング基礎実験。

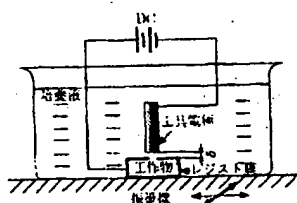


図9 電界付加バイオマシニング実験装置。

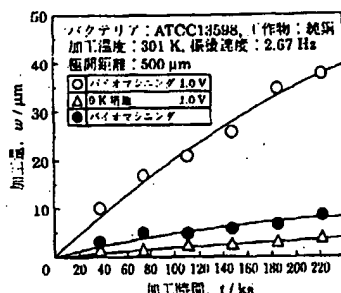


図10 加工量と加工時間の関係。

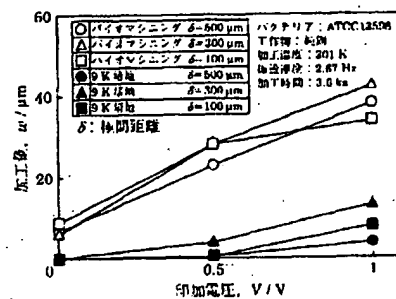


図11 加工量と印加電圧の関係。

一様に加えられるように設定した。図10は、工具電極と工作物の間隙を0.5 mmに設定して、1 Vの直流電圧を印加した場合の加工量と加工時間の関係を示している。図より明らかなように、本方法を用いた場合の加工量は、前述の基礎実験の場合と同様に、加法法則で予測される値よりもかなり大きな加工量となっており、通常のバイオマシニングにおける加工量の約4倍の値となっている。図11は、3.6 ks加工後の印加電圧と加工量の関係を示したものである。図中では工具電極と工作物の間隙を示している。図より印加電圧の増加とともに加工量は増加していることがわかる。図において、上方の3本の線と下方の3本の線との差がバクテリアが存在することによる加工量の増加分、すなわち、バイオマシニング分を表わしている。

## 7. おわりに

本加工法は、まだ誕生したばかりである。今後どのように

発展していくかは未知数である。それだけに多くの可能性を秘めているとも言える。将来的には、遺伝子工学を利用して、個々のバクテリアがそれぞれ自分の役割を認識しながら、協調して所定の加工を行うというようなことが実現できればという夢をいだいて、研究を進めている。

## 文 献

- (1) 山田秀明：微生物に無限の可能性を求めて、三田出版会、(1990)、28。
- (2) 杉尾 剛、田野達男：バクテリアフリーチング、遺伝、42、8(1988)、28。
- (3) 山中健生：無機物だけで生きていける細菌、共立出版、(1987)、64。
- (4) 今井和民：独立栄養細菌、化学同人、(1984)、4。
- (5) 宇野義幸、金枝敏明、横溝精一：日本機械学会論文集(C編) 59, 566(1993)、3199。
- (6) 宇野義幸、金枝敏明、横溝精一、山村良彦：精密工学会誌、62, 7(1996)、540。